



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Slutrapport SLU-Ekoforsk projekt:

Produktionssystem för ekologisk odling av trädgårdsblåbär: 2014 - 2016

Organic production systems in Northern highbush blueberries



Foto: Birgitta Svensson

Håkan Asp¹ (projektansvarig), Birgitta Svensson¹, Siri Caspersen¹, Sammar Khalil¹, Marie Olsson², Karl-Erik Gustavsson²

¹ Institutionen för Biosystem och teknologi, SLU Alnarp. Box 103, 230 53 Alnarp

² Institutionen för Växtförädling, SLU Alnarp

Sammanfattning

Detta projekt är en fortsättning på Ekoforsk-projektet *Organic production systems in Northern highbush blueberries 2011-2013*.

Projektet syftade till att studera möjligheter för ekologisk produktion av trädgårdsblåbär i ett nordiskt klimat. Viktiga mål i projektet var: **1.** att studera tillväxt och etablering i tunnlar respektive på friland med avseende på sorter och substrat, variation i utveckling, skörd, problem med skadegörare och klimatanpassning samt **2.** undersöka betydelsen av mykorrhiza för etablering och tillväxt av plantor och deras upptag av näringsämnen från organiska gödselmedel.

Ett fältförsök med trädgårdsblåbär har utförts på SLU, Rånnas försöksstation i Skövde 2011-2016 (2014-2016 i den aktuella delen). Sorterna Duke, Reka och Northblue planterades i tunnel och ute samt i två olika substrat: 1. grov torv med inblandning av bark ca 10 procent samt 2. grov torv med bark ca 10 procent och skogsjord ca 10 procent. Den vegetativa tillväxten och skörden på buskarna var större i tunnel än ute under de första åren av projektet därefter har detta jämnats ut. Ett högre pH som uppmätts i substraten i tunnel har troligtvis varit en avgörande orsak till en sämre utveckling av buskarna under de två sista försöksåren. Det har inte förekommit skillnader mellan substraten i utveckling eller avkastning.

I ett delprojekt har inverkan av olika mykorrhizapreparat undersökts för sorterna Duke och Reka. Plantorna fick tre olika mykorrhiza-behandlingar; oympad kontroll samt två kommersiella inokula. Plantorna odlades i växthus vid SLU-Alnarp under en sommar. I slutet av augusti 2012 planterades de ut i torvbäddar i fält på Rånnan. Under de två åren då försöket gav tydliga resultat (2014, 2016) var det Reka som gav den högsta skörden. Både 2014 och 2016 hade ympningen med det ena mykorrhizapreparatet en negativ inverkan på skörden för Reka, medan skörden inte påverkades signifikant för Duke. Ympningen med mykorrhizapreparatet påverkade inte bärens innehåll av antocyaniner i vårt försök. Sortval och mykorrhizaisolat påverkade funktionen av gener relaterade till nitrat- och nitritreduktion, dvs bakterier som involverade i slutet på nitrifikationsprocessen.

Den här undersökningen visar att trädgårdsblåbär kan odlas både i plasttunnel och på friland i södra Sverige. Fördelarna med plasttunnel är främst det jämnare klimatet, tidigare säsong samt minskad risk för frost under blomningsperioden vilket medför jämnare skördar mellan åren. Nackdelar med ekologisk odling i tunnel har inom detta projekt, förutom högre etableringskostnader, visat sig vara en ökad förekomst av bladlöss samt ett högre pH i substratet. Övervintring av trädgårdsblåbär under de klimatförhållanden som råder i södra Sverige ser inte ut att vara något problem utom under mer extrema förhållanden som t.ex. mars 2013, då en stor del av de ovanjordiska delarna av buskarna fick skador av frystorkning vilket detta år även skedde i vildväxande blåbär. Vi har inte kunnat se att buskarna dör bort eller märkbart försämrats p.g.a. för låga vintertemperaturer. Sorterna Duke och Reka fungerade bra i försöket och kan rekommenderas för produktion i södra Sverige. Effekterna av olika mykorrhizapreparat har varit relativt små och skiljer sig mellan de testade sorterna.

Abstract

This project is a continuation of the Ekoforsk project *Organic production systems in Northern highbush blueberries 2011-2013*.

The project aimed at studying possibilities for organic production of highbush blueberries in a Nordic climate. Key objectives of the project were: **1.** studying growth and establishment in high tunnels and open-air with regard to cultivars and substrates, variation in development, harvest, pests and climate adaptation, and **2.** examine the importance of mycorrhiza for the establishment and growth of plants and their uptake of nutrients from organic fertilizers.

A field experiment with highbush blueberries has been carried out at SLU, Rånna field station in Skövde 2011-2016 (2014-2016 in the current project). The cultivars Duke, Reka and Northblue were planted in tunnels and in field, as well as in two different substrates: 1. coarse peat with bark about 10 percent and 2. coarse peat with about 10 percent bark and mixed with approximately 10 percent forest soil. The vegetative growth and harvest of the bushes were larger in tunnels in the early years of the project afterwards, this has been evened out in the later years. A higher pH measured in the substrates in tunnels has probably been a decisive factor for the poorer development of the bushes during the last two years. There have been no differences between the substrates in development or yield.

In a subproject, the impact of mycorrhiza and fertilizers has been investigated for the Duke and Reka cultivars. The plants received three different mycorrhiza treatments; not inoculated control and two commercial inoculate. The plants were grown in a greenhouse at SLU-Alnarp during one summer and by the end of August 2012 they were planted in peat beds in the field at Rånna. During the two years when the trial gave clear results (2014, 2016), Reka gave the highest harvest. In both 2014 and 2016, one mycorrhiza preparation had a negative impact on the harvest of Reka, while the harvest was not significantly affected for Duke. The inoculation with mycorrhiza did not affect the content of antioxidants in the berries. Cultivar and mycorrhiza isolate affected the function of genes related to nitrate and nitrite reduction, i.e. bacteria involved at the end of the nitrification process.

This study shows that highbush blueberries can be grown both in plastic tunnels and in field in southern Sweden. The advantages of plastic tunnels are mainly the more even climate, earlier season and reduced risk for frost damages during the flowering period, which results in more even yields between years. Disadvantages of organic cultivation in tunnels have shown be, in addition to higher establishment costs, an increased occurrence of aphids and a higher pH in the substrate. The cold acclimation of highbush blueberries under the climate conditions in southern Sweden does not seem to be a problem except during more extreme episodes such as March 2013, when a large proportion of the bushes were damaged by freeze-drying, which also occurred in wild-growing blueberries that year. We have not seen that the bushes die or noticeably deteriorate due to low winter temperatures. Duke and Reka worked well in the experiment and can be recommended for production in southern Sweden. The effects of various mycorrhiza preparations have been relatively small and differ between the tested cultivars.

Introduktion

Detta projekt är en fortsättning på Ekoforsk-projektet *Organic production systems in Northern highbush blueberries 2011-2013*. Redovisningen gäller för den aktuella delen av projektet 2014 - 2016. I vissa fall tas resultat upp från hela perioden dvs. 2011 - 2016

Produktionen av trädgårdsblåbär ökar i världen. Årsproduktionen i världen är 330 000 ton och har fyrdubblats de senaste 30 åren. I Sverige odlas drygt 12 hektar blåbär på friland och ytterligare en mindre del i växthus. I dag är den ekologiska produktionen i Sverige mycket begränsad, men det antas finnas en stor potential då blåbär är en populär färskvaruprodukt som även har god hållbarhet.

Detta projekt fokuserar på odling av trädgårdsblåbär i tunnlar och på friland speciellt med avseende på substrat och näring. Då blåbär trivs bäst i relativt sura jordar finns många frågeställningar kring lämpliga substrat i kombination med mykorrhizainokulering och gödning i ett ekologiskt odlingssystem. Fältförsöket på Rånnå försöksstation i Skövde, under 2014 -2016 har haft som mål att optimera en hållbar produktion av trädgårdsblåbär med hög kvalitet. Tre sorter av trädgårdsblåbär har etablerats i två olika substrat: torv med barkinblandning eller torv/bark med inblandning av skogsjord. Effekten av tunnelodling, substrat och mykorrhiza studeras.

Projektet studerar hur man kan optimera ekologisk produktion av trädgårdsblåbär i ett nordiskt klimat. Huvudmålen är att:

1. Studera tillväxt och etablering i tunnlar respektive på friland med avseende på blåbärssorter och substrat, variation i utveckling, skörd, problem med skadegörare och klimatanpassning samt förändringar i jordens pH och näringstillgänglighet under odlingen.
2. Undersöka betydelsen av mykorrhiza för etablering och tillväxt av plantor och deras upptag av näringsämnen från organiska gödselmedel. I detta delprojekt studeras även eventuella förändringar i markens mikrobiella populationer speciellt med avseende på kväveomsättning.

Resultaten presenteras som två separata delförsök enl. ovan, 1 och 2. Efter delförsök 2 följer resultatförmedling och referenser till hela projektet.

Delprojekt 1: Odling i tunnel och på friland i olika substrat

Mål

Studera tillväxt och etablering i tunnlar respektive på friland med avseende på blåbärssorter och substrat, variation i utveckling, skörd, problem med skadegörare och klimatanpassning samt förändringar i jordens pH och näringstillgänglighet under odlingen.

Metoder

Fältförsöket på friland och i tunnel med redan etablerade plantor av trädgårdsblåbär är utfört på Rånna försöksstation Skövde. (58°27'N, 13°51'E) 2014-2016. Tre sorter är planterade, Duke och Reka, båda *Vaccinium corymbosum* samt Northblue som är en *Vaccinium angustifolium*-hybrid. Behandlingarna (sorter, substrat) är randomiserade inom tre block i tunnel respektive ute.

Halva försöket odlas i plasttunnel och halva utan tunnel. Substratbäddarna består av: 1. Grov torv (Hasselfors) med inblandning av 10 % bark samt 2. Grov torv, 10 % bark och 10 % sandig skogsjord inhämtat från skog vid Rånna. Bäddarna är 70 cm breda och 20-25 cm djupa. Vatten och växtnäring (Bycobakt) har tillförts via droppbevattning.

Registreringar 2014-2016: Under försöket registrerades avkastning och årstillväxt per sort och substrat i tunnel respektive på friland. Näringstillgänglighet i de olika substraten.

Förekomst och utveckling av skadegörare främst bladlöss, bladgallmygga och bladsvampar.

Statistiska beräkningar av tillväxt och avkastning är genomförda med "Procedure GLM, SAS (SAS Inst. Inc. Cary, North Carolina, USA)".

Resultat

Klimatet och buskarnas utveckling

Det har varit relativt milda vintrar 2014-2016 och det har inte förekommit några synliga vinterskador vare sig i tunnel eller på friland. Buskarna har beskurits måttligt varje år i februari då de äldsta samt lägst sittande grenarna tagits bort. Senvintern 2014 fick de frilandsodlade buskarna skador av harar som beskar buskarna lite extra. Under försommaren samma år förekom några kalla nätter med frost i början av juni och en del blommor, främst på frilandsbuskarna frös. Året efter, 2015, var våren relativt sen och bladutvecklingen kom igång bra under maj och det förekom ingen frost under blomningsperioden i juni. Hela sommaren var sval vilket gav en långsam utveckling och skörden kom först igång i augusti. Buskarna i tunnel utvecklades sämre under 2015 jämfört med tidigare år. Den vegetativa utvecklingen var svag och bladverket var betydligt ljusare än på friland vilket tyder på sämre rotsystem och näringsupptagning. Det sista försöksåret, 2016, gav en tidig vår utan frost i blomningen och en förhållandevis normal utveckling under sommaren. Buskarna i tunnel hade en fortsatt svag utveckling det sista försöksåret vilket också avspeglas i en lägre skörd. Buskarna av sorten Northblue har haft en svag vegetativ utveckling och är efter fem år inte högre än 50-60 cm. Tunneln har varit täckt med plast från mitten av april till och med skörd, i slutet av augusti varje år.

Växtskyddsproblem

I maj 2014 förekom angrepp av frostfjärilslarver, *Operophtera brumata*, på buskarna på friland men inte i tunneln vilket påverkade skörden negativt. År 2015 förekom måttliga angrepp av vecklarlarver på plantor både i tunnel och på friland under maj och juni, bild 1. En av larverna kläcktes fram till vuxen fjäril och bedöms vara av arten trekantig blåbärsvårvecklare, *Acleris maccana*.. Under 2016 var det en ny typ av larver på en del av de frilandsodlade buskarna nämligen lindmätare, *Erannis defoliaria*, bild 2. Dessa larver åstadkom stor skada genom att äta en mängd blomknoppar inom ett block, vilket återspeglas i lägre skörd inom samma block. Mindre angrepp av bladgallmygga, *Dasineura oxycoccana*,

förekom under juli både 2015 och 2016, bild 3. Bladlöss, *Ericaphis scammeli* (synonym *E. fimbriata*), bild 4 har förekommit, på blåbärsbuskarna i tunnel varje år men de har inte orsakat någon synbar skada. I slutet av juli 2015 upptäcktes bladfläckar bild 5, på sorten Duke i tunnel och det är oklart vad som är orsak. Det kan vara en svampsjukdom men också symptom på virus. Inga växtskyddsåtgärder har vidtagits under 2014-2016.

Vegetativ tillväxt, figur 1 och 2

Vid mätningarnas början 2012 var buskarna av Reka något högre än Duke medan bredden var relativt lika. Sorten Northblue hade vid första mätningen 2012 ungefär halva höjden och diametern jämfört med de två andra sorterna. Tillväxten har varierat något under åren men efter 2016 års mätning är buskarna av sorterna Duke och Reka lika stora i tunneln och på friland medan sorten Northblue har nått upp till halva höjden. Sorten Reka hade ingen vegetativ tillväxt alls i tunnel 2015 jämfört med på friland och buskarna har fått ett tydligt försämrat utseende även under 2016. Det förekommer inga signifikanta skillnader mellan substrat eller mellan tunnel och friland när det gäller total vegetativ tillväxt under åren 2012-2016.

Avkastning, figur 3-5

Den sammanlagda avkastningen för åren 2012-2015 är signifikant högre vid odling i tunnel jämfört med vid odling på friland. I och med skörden 2016 jämnas denna skillnad ut och den totala avkastningen för respektive sort är lika oavsett odling i tunnel eller på friland sett över hela försöksperioden. Sorten Reka har visat att den har potential att ge hög skörd oavsett odlingssystem. Vid odling i tunnel gav sorten Reka signifikant högst avkastning 2014 jämfört med övriga sorter och odlingssystem, medan den gav signifikant högst avkastning vid odling på friland 2015. Sorterna Duke och Northblue visar 2016 att de kan ge lika hög avkastning som Reka och det är inga signifikanta skillnader mellan sorterna. Det har inte förekommit skillnader i avkastning mellan olika substrat eller samspel mellan substrat, sorter och/eller odlingsplats.

Skillnad i tidighet förekommer mellan odling i tunnel och på friland men det varierar mellan sorter och mellan år. År 2014 förekom inga skillnader i tidighet mellan odling i tunnel och på friland för någon av sorterna. Sorten Duke gav 50 % skörd, 5 dagar tidigare, i tunnel jämfört med på friland år 2015, medan de andra två sorterna inte visade någon skillnad i tidighet mellan tunnel och friland. Det sista skördeåret 2016, var skörden ca 5 dagar tidigare i tunnel jämfört med friland för alla tre sorterna men då avkastningen var så låg jämfört med friland är det inget säkert resultat.

Bärstorleken, figur 6-7, varierar med både sort, odlingsplats och år. Medelvikten har varierat mellan 1,9 och 3,3 gram per bär där 2012 gav de minsta bären och 2013 de största. Sorten Duke har gett de största bären med en medelvikt på 2,6 gram medan sorterna Northblue och Reka gett något mindre bär med 2,4 gram respektive 1,9 gram. Bärvikten visar tendens till att vara något högre vid odling på friland jämfört med i tunnel men skillnaderna är inte signifikanta.

Växtnäring och jordanalys figur 8-11

Växtnäring (Bycobact 2,7-0,4-1,7) har vattnats ut via droppbevattning varannan vecka under vecka 22-33, under hela kulturtiden (2012-2016). Totalt har 12,5-13,5 gram kväve tillförts

per buske varje år. Prover av substratet har tagits ut för analys varje år i juni och september. Kväve har analyserats dels enligt Spurway och dels med N-min- analys.

pH i substratet är generellt något högre i tunnel jämfört med ute. Vid mätning i september 2015 är det främst substrat 2 i tunnel som uppvisar ett högt pH på 6,6 och i juni 2016 är det substrat 1 i tunnel som har pH 6,4. Vid avslutande analys i september är pH-värdena 5,6-6,1. Ledningstal samt innehåll av nitrat- och ammoniumkväve ligger på jämna och relativt låga värden vid varje analys sedan juni 2013.

Diskussion

Den här undersökningen visar att trädgårdsblåbär kan odlas både i plasttunnel och på friland i södra Sverige. Fördelarna med plasttunnel är främst det jämnare klimatet, tidigare säsong samt minskad risk för frost under blomningsperioden vilket medför jämnare skördar mellan åren. Vid frilandsodling kan det därför vara nödvändigt med frostskyddsbevattnings. Andra fördelar med odling i tunnel kan vara att det ofta är lättare att lyckas med biologisk bekämpning då det kräver en högre och jämnare temperatur än vad som vanligtvis är fallet utomhus. Det har vi dock inte kunnat visa inom detta projekt. Nackdelar med ekologisk odling i tunnel har inom detta projekt, förutom högre etableringskostnader, visat sig vara en ökad förekomst av bladlöss samt ett högre pH i substratet.

Det högre pH som uppmätts i substraten i tunneln har troligtvis varit en avgörande orsak till en sämre utveckling av buskarna under de två sista försöksåren. Organiska kvävegödselmedel har en tendens till att höja pH-värdet i odlingssubstratet och det är särskilt negativt för en surjordsväxt som blåbär. Även vid frilandsodlingen har pH stigit mer än vad som kan rekommenderas för blåbärsodling och det är nödvändigt att vidta pH-sänkande åtgärder när organiska kvävegödselmedel används. Inom detta projekt har vi inte haft möjlighet att pröva möjligheten att sänka pH med t.ex. svavel men det bör studeras närmare i ekologisk odling. Anledningen till att pH stiger mer vid odling i tunnel jämfört med på friland torde vara att den något högre temperaturen i tunneln ger en högre avdunstning från substratytan och att naturliga regn inte har möjlighet att skölja igenom substratet under odlings säsongen. Det har dock inte förekommit någon brist på vatten i substraten under säsongen då de har vattnats dagligen med två till fem liter per buske, beroende på behov.

Substraten som används har varit grov torv med en 10-procentig inblandning av bark. Det har visat sig som ett stabilt material och det har inte gått att uppmäta vare sig förbättring eller försämring av vegetativ tillväxt eller avkastning med inblandning av 10 procent skogsjord.

Övervintring av trädgårdsblåbär under de klimatförhållanden som råder i södra Sverige ser inte ut att vara något problem utom under mer extrema förhållanden som t.ex. mars 2013, då en stor del av de ovanjordiska delarna av buskarna fick skador av frystorkning vilket även skedde i vildväxande blåbär. Vi har inte kunnat se att buskarna dör bort eller märkbart försämras p.g.a. för låga vintertemperaturer.

Det finns flera typer av trädgårdsblåbär för odling och det är främst sorter av *Vaccinium corymbosum* som rekommenderas för kommersiell produktion. Sorterna Duke och Reka som använts i detta projekt tillhör *V. corymbosum* medan sorten Northblue är en sk. "half-high" *Vaccinium*-hybrid. Buskarna som använts i projektet av sorten Northblue har haft ett mycket kompakt växtsätt och är efter fem års odling ungefär hälften så stora som buskarna av de

andra två sorterna. Det sista försöksåret har sorten Northblue gett en hygglig avkastning trots de mindre buskarna och bären har haft en bra storlek. Låga buskar innebär dock att det är betydligt mer arbetskrävande att plocka bären och högre buskar är därför att föredra.

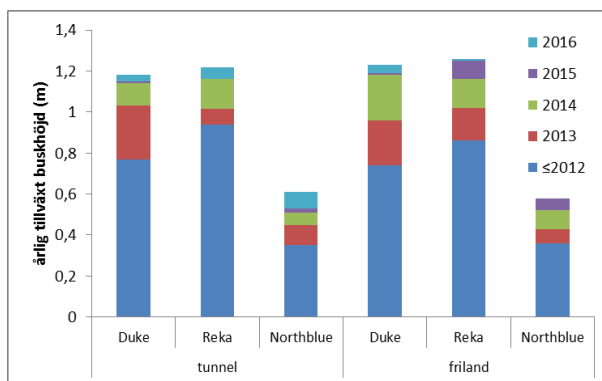
Sorten Duke mognar något tidigare än de övriga sorterna men är temperaturen hög under skördeperioden blir skillnaden i mognadsgrad inte så tydlig. Vid odling i tunnel har sorten Duke visat symptom på bladskador som vi inte har kunnat bestämma om det är en svampsjukdom eller angrepp av virus. Bladlöss av arten *Ericaphis scammeli* har förekommit i tunnelodlingen, de trivs där det är lite varmare. Det är känt att denna bladlus sprider viruset "Blueberry scorch virus" (BlScV), en besvärlig sjukdom som nu även finns i Europa.

Sorten Reka är idag en av de mest odlade sorterna och den är mycket omtyckt för bra smak och hög produktion. Den har dock betydligt mindre bärstorlek än t.ex. sorten Duke vilket gör att det tar längre tid att plocka. Även om dessa relativt nya sorter av *V. corymbosum* är självfertila är det bra att ha minst två sorter, gärna fler, i en odling för att säkerställa en jämn produktion.

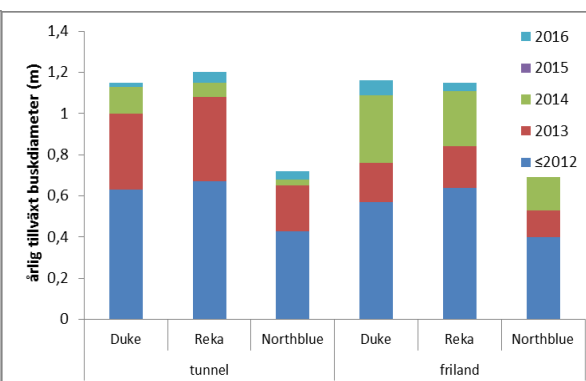
Alla tre sorter som använts i försöksodlingen har haft en mycket bra smak och god hållbarhet. Vid förvaring tre veckor i kyl vid +4°C har samtliga bär bevarat en hög och säljbar kvalitet.

Slutsatser

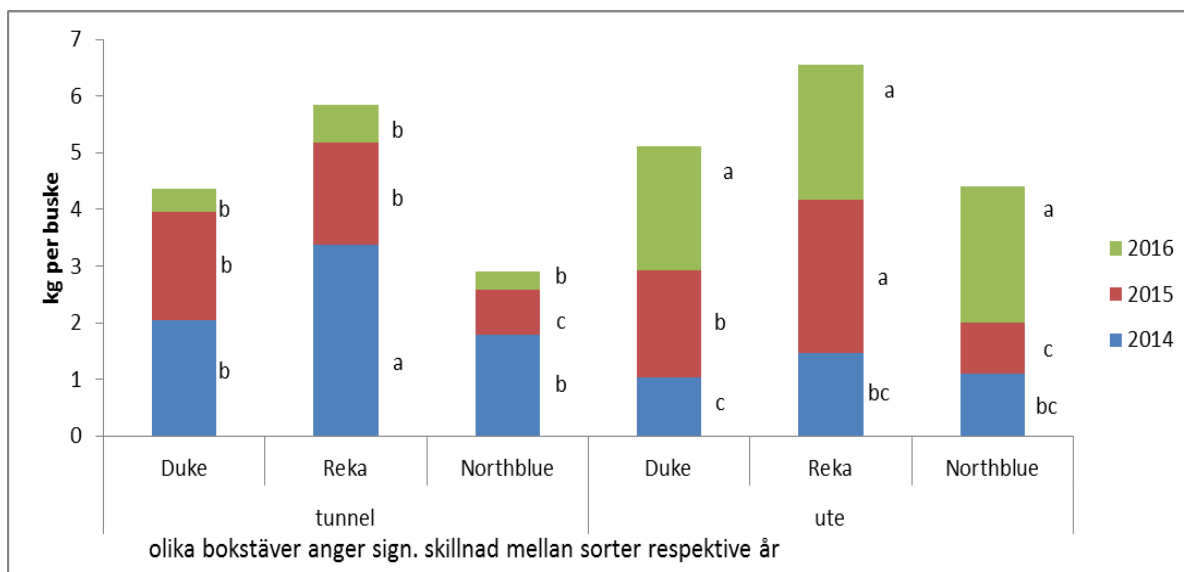
- Trädgårdsblåbär kan odlas ekologiskt på friland och/eller i tunnel i södra Sverige
- Det är en fördel att odla i tunnel när det finns risk för frost under blomningsperioden
- Odlingssystem med substrat bestående av grov torv med 10-procent barkinblandning fungerade bra i detta försök
- Växtnäringstillförsel med organiska kvävekällor innebär att pH måste justeras i substratet
- Sorterna Duke och Reka fungerade bra i försöket och kan rekommenderas för produktion i södra Sverige
- Inblandning av 10 procent skogsjord i odlingssubstratet påverkade varken vegetativ tillväxt eller avkastning i detta försök



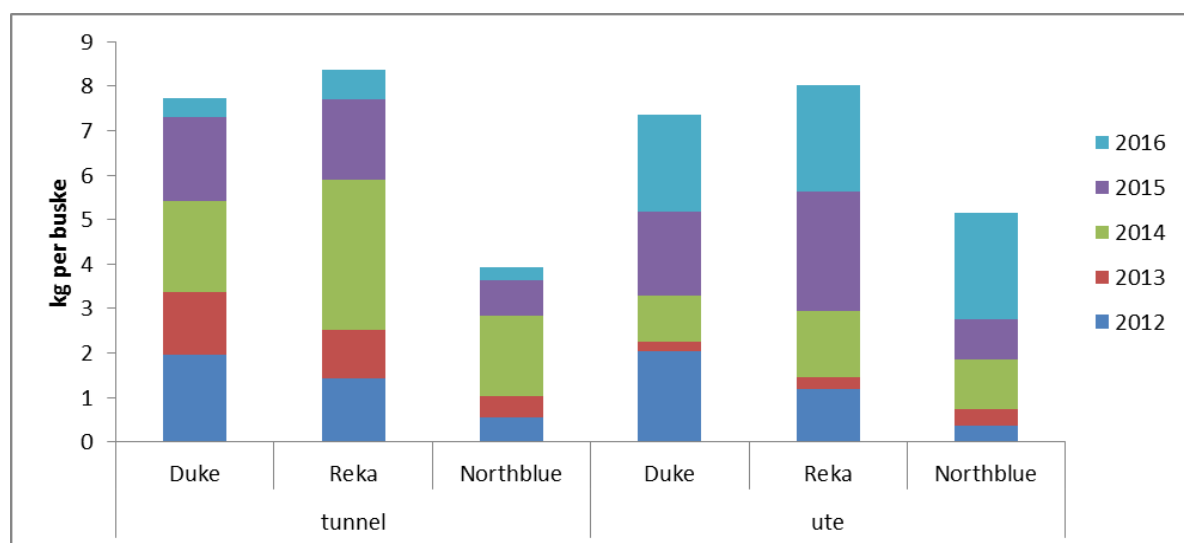
Figur 1. Vegetativ tillväxt i höjd, m, i blåbärsbuskar 2012-2016



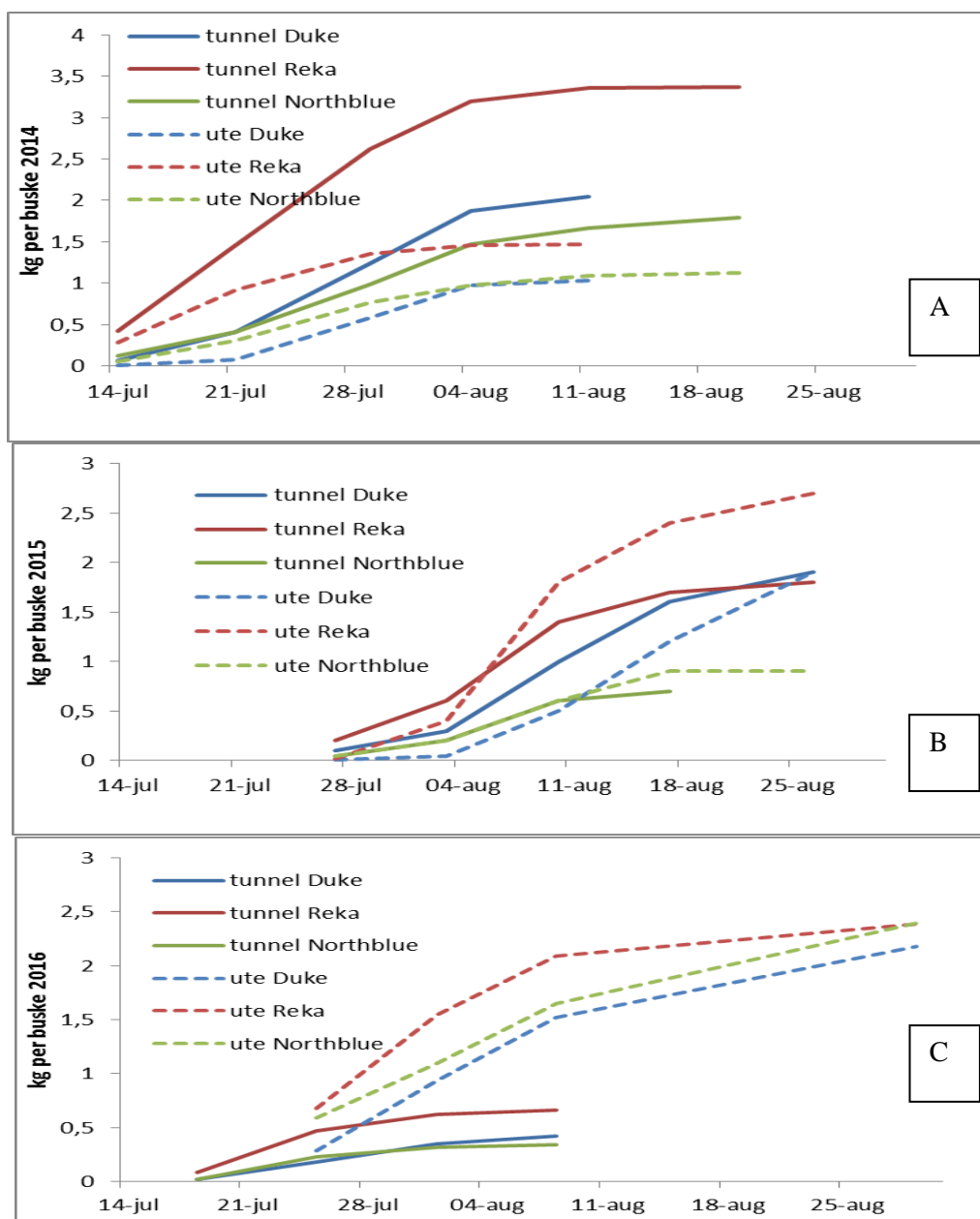
Figur 2. Vegetativ tillväxt i diameter, m, i blåbärsbuskar 2012-2016



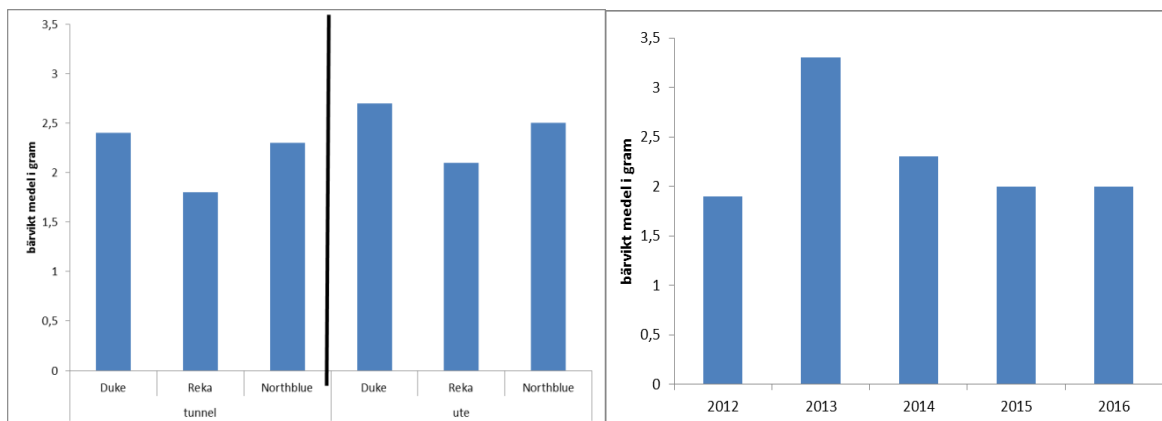
Figur 3. Avkastning, kg per buske 2014-2016.



Figur 4. Avkastning, kg per buske 2012-2016

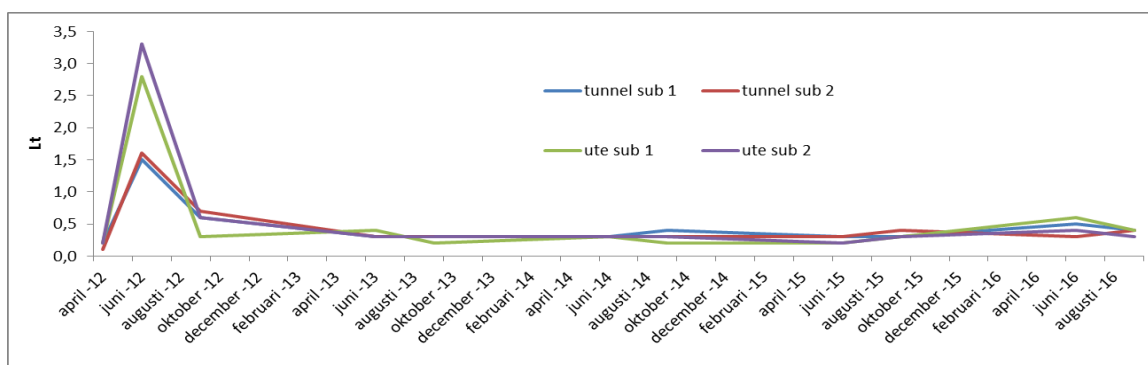


Figur 5. Ackumulerad avkastning 2014 (A), 2015 (B) och 2016 (C) i blåbärsbuskar odlade i tunnel och ute.

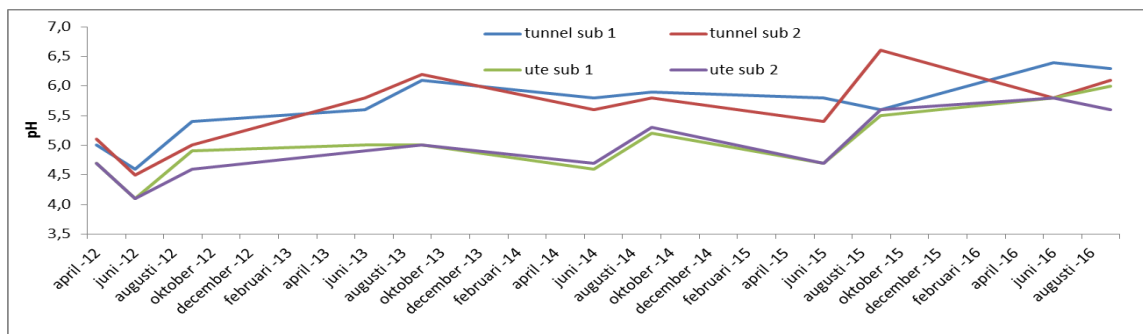


Figur 6. Bärvikt medel (2012-2016), gram, vid odling i tunnel och ute

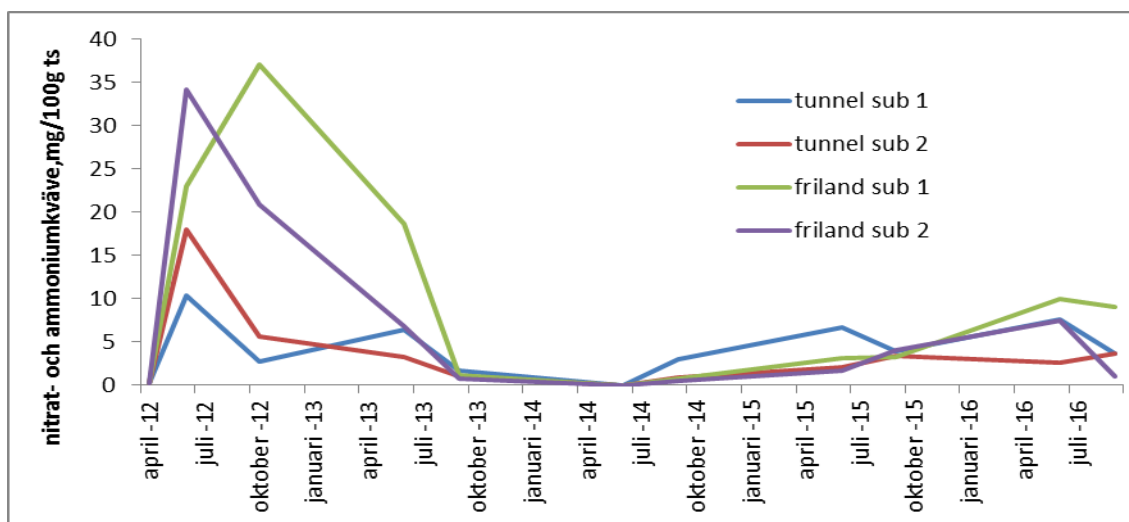
Figur 7. Bärvikt, medel av sorter och odlingsplats, gram, 2012-2016



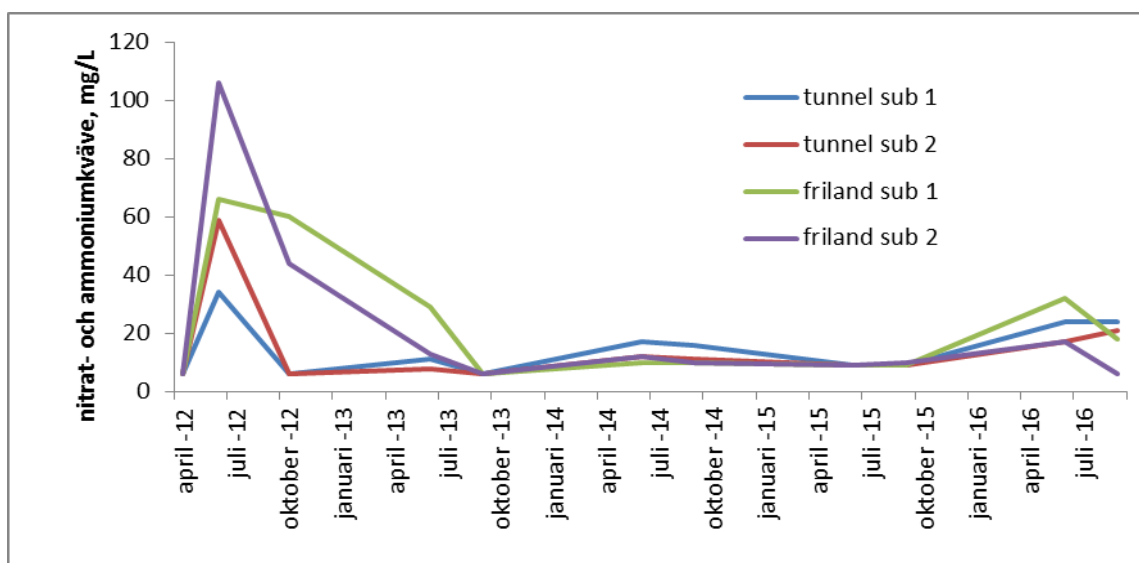
Figur 8. Ledningstal, mS/cm, i substraten april 2012- september 2016. Sub 1: torv med 10 procent bark, sub 2: torv med 10 procent bark samt 10 procent skogsjord



Figur 9. pH i substraten april 2012-september 2016. Sub 1: torv med 10 procent bark, sub 2: torv med 10 procent bark samt 10 procent skogsjord



Figur 10. Kväve i form av nitrat och ammonium, mg/100 g ts (N-min) i substraten april 2012-september 2016. Sub 1: torv med 10 procent bark, sub 2: torv med 10 procent bark samt 10 procent skogsjord



Figur 11. Kväve i form av nitrat och ammonium, mg/L (Spurway) i substraten april 2012-september 2016. Sub 1: torv med 10 procent bark, sub 2: torv med 10 procent bark samt 10 procent skogsjord



Bild 1. Larv (vänster) och vuxen (höger) av bladvecklare i blåbär, juni/juli 2015.



Bild 2. Larv av lindmätare i blåbär, juni 2016

Bild 3. Skador av skottgallmygga i blåbär, juli 2015



Bild 4. Bladlöss i blåbär, juli 2014

Bild 5. Bladfläckar i sorten Duke, juli 2015

Odlingsbilder



Delprojekt 2. Betydelsen av sort och mykorrhiza för näringsupptag, skörd och innehåll av antocyaniner hos trädgårdsblåbär

Mål

Målet för detta delförsök var att undersöka betydelsen av ympning med ericoida mykorrhizasvampar för tillväxt, skörd och näringsupptag av blåbärsplantor av sorterna 'Reka' och 'Duke', samt om ympning påverkar innehållet av antocyaniner i bären. Även rotzonens sammansättning av mikrobiella populationer samt aktiviteten av mikrobiella gener involverade i kvävecykeln har undersökts

Metoder

Våren 2012 köptes ettåriga plantor av Reka och Duke från Wilhelm Dierking Beerenobst, Tyskland. Dessa krukades om i 2 L torvsubstrat och gödslades med Biobact. Plantorna fick tre olika mykorrhiza-behandlingar; oympad kontroll (M0) samt två kommersiella inokula (M1, M2). Plantorna odlades i växthus vid SLU-Alnarp under sommaren. I slutet av augusti 2012 planterades de ut i torvbäddar i fält på Rånna försöksstation med tre plantor per ruta och tre block per behandling. Plantorna har gödslats med Bycobact i droppbevattningen varje vår och sommar under försöksperioden. Mineraliserat kväve (N-min, Spurwaymetoden) samt pH i marken har registrerats vid slutet av odlingsperioden. Buskarnas höjd, diameter samt skörd har registrerats under 2014-2016.

Unga, fullt utvecklade blad samlades in för analys av växtnäringsinnehåll vid odlingsperiodens slut 2015 samt 2016. Alla växtprov torkades vid 65 °C, maldes och uppslöt i koncentrerad salpetersyra (65% HNO₃) i mikrovågsugn. Innehållet av mineralnäringsämnen analyserades därefter med ICP-ES hos Eurofins i Kristianstad. Kväveinnehållet har bestämts enligt Dumasmetoden.

Vid slutåret 2016 bestämdes även innehållet av anthocyaniner i bären med hjälp av HPLC. Den totala mängden antocyaniner beräknades med cyanidin-3-galactoside som extern standard.

Sammansättningen av fosfolipidfettsyror (PLFAs) i rotzonen har analyserats enligt Khalil & Alsanius (2001) för att detektera eventuella skillnader mellan behandlingarna på markens mikrobiella miljö (Frostegård & Bååth 1996). Provtogs i september 2016 och 1,5 g substrat extraherades och separerades till olika lipidklasser med ökande polaritet: neutrala lipider, glykolipider och polära lipider (fosfolipider). Metylesterar av fettsyror extraherades därefter från fosfolipiderna genom alkalisk methanolys och analyserades med gaskromatograf.

Gener för bakterier involverade i kvävecykeln analyserades med qPCR av Scanbi diagnostic, Alnarp, enligt Hi et al. (2009). Funktionella gener i nitrifikationsprocessen studerades, där amoA gener användes för att undersöka omvandlingsprocessen från ammonium till nitrat, narG gener för studier kring nitratreduktion, samt nir K och nir S för studier av nitritreduktion. Antal kopior av de olika generna har räknats och lägsta siffra indikerar den högsta mängden bakterier.

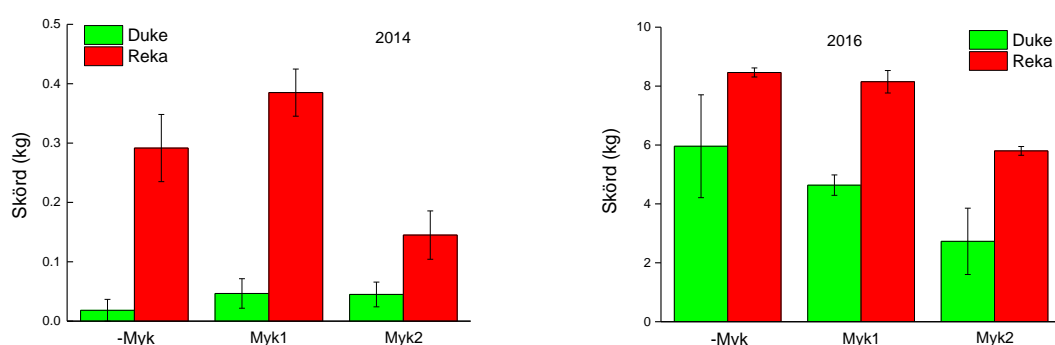
Statistik

Resultaten för tillväxt, näringsupptag, skörd och antocyanininnehåll samt pH och N-min i marken behandlades med variansanalys med hjälp av general linear model (GLM) i SAS 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

PLFA-data analyserades med Minitab 16. PLFA-data räknades som mol% hos individuella fettsyror och bearbetades med hjälp av multivariat statistik och principalkomponentanalys (PCA). Multivariat ANOVA har använts för bearbetning av data från real time PCR analys. Antal kopior per gram substrat har beräknats och analyserat vidare med ANOVA för signifikanta skillnader.

Resultat

Den totala skörden under 2014 och 2016 var klart högre för Reka jämfört med Duke (Figur 1). Även om variationen i skörd var stor mellan rutorna fanns en svag negativ effekt av ympning med mykorrhiza-preparatet M2 (=Myk2) på skörden ($p < 0,05$). Under vårvintern 2015 utsattes försöket för harskador med en stora variation i skörd mellan buskarna som följde och det var därför svårt att dra några säkra slutsatser om behandlingseffekterna på skörden för 2015.



Figur 1. Inverkan av ympning med två olika mykorrhizapreparat på den totala skörden av prima bär för Duke och Reka under 2014 och 2016. -Myk: oympad kontroll, Myk1 och Myk2: kommersiella mykorrhizapreparat (M1, M2).

Buskarnas höjd påverkades inte signifikant av ympningen med mykorrhizapreparat och skilde sig inte heller signifikant mellan sorterna.

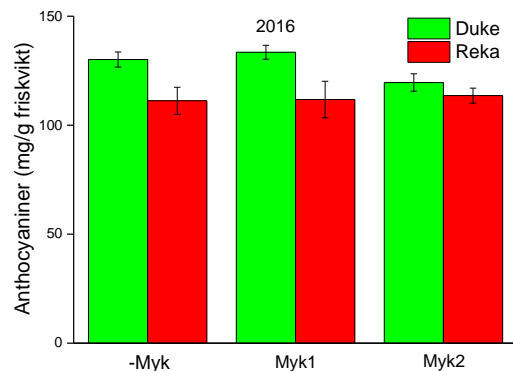
I slutet av augusti 2016 var pH i odlingssubstratet något högre (4,6) för Reka än för Duke (4,3). För båda sorter var mängden mineraliserat kväve (N-min) i marken < 1 mg/100 g torr jord.

Innehållet av växtnäringsämnen i unga, fullt utvecklade blad vid slutet av odlingsperioden presenteras i tabell 1. Varken koncentrationen av kväve eller av övriga växtnäringsämnen påverkades signifikant av sorten eller av ympningen med mykorrhizasvampar. Kväveinnehållet var i medel 1,0 % av TS, något som indikerar att plantorna hade ett underskott på kväve (Caspersen m.fl. 2013). Ett antal ämnen (P, S, Fe, Zn, Cu, B) låg dock kring gränsen för brist (Caspersen m.fl. 2013). För mangan (Mn) var medelkoncentrationen kring 380 mg/kg av TS; alltså lite i överkant av det normala området. Det var dock stor skillnad mellan de tre blocken, med medelvärden för Mn på 410, 480 och 260 mg/kg TS för block 1, 2 och 3.

Tabell 1. Koncentrationen av växtnäringsämnen i unga, fullt utvecklade blad, 8 september 2016.

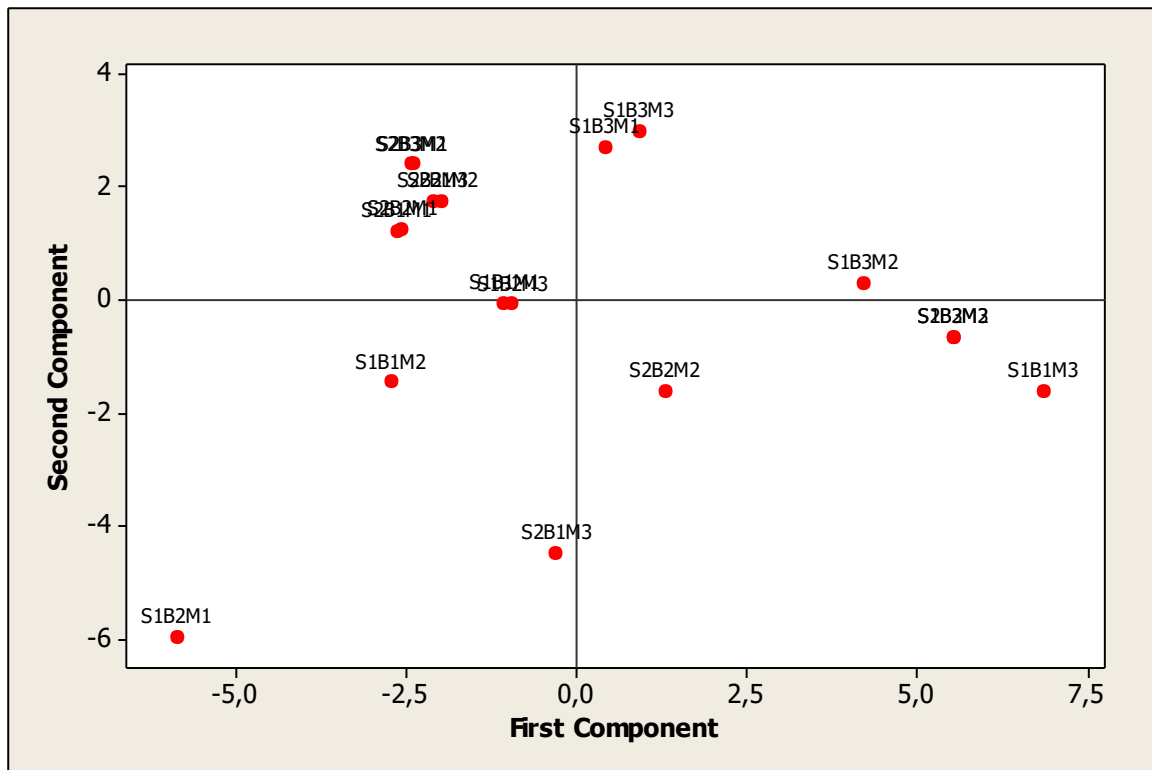
N	P	S	K	Mg	Ca	Fe	Mn	Zn	Cu	B
% av TS					mg/kg TS					
1,0	0,08	0,11	0,71	0,19	0,58	23	383	8,9	4,4	12,0

Det totala innehållet av anthocyaniner var något högre för Duke jämfört med Reka (*Figur 2*). Ingen signifikant skillnad kunde dock påvisas mellan de tre mykorrhizabehandlingarna.



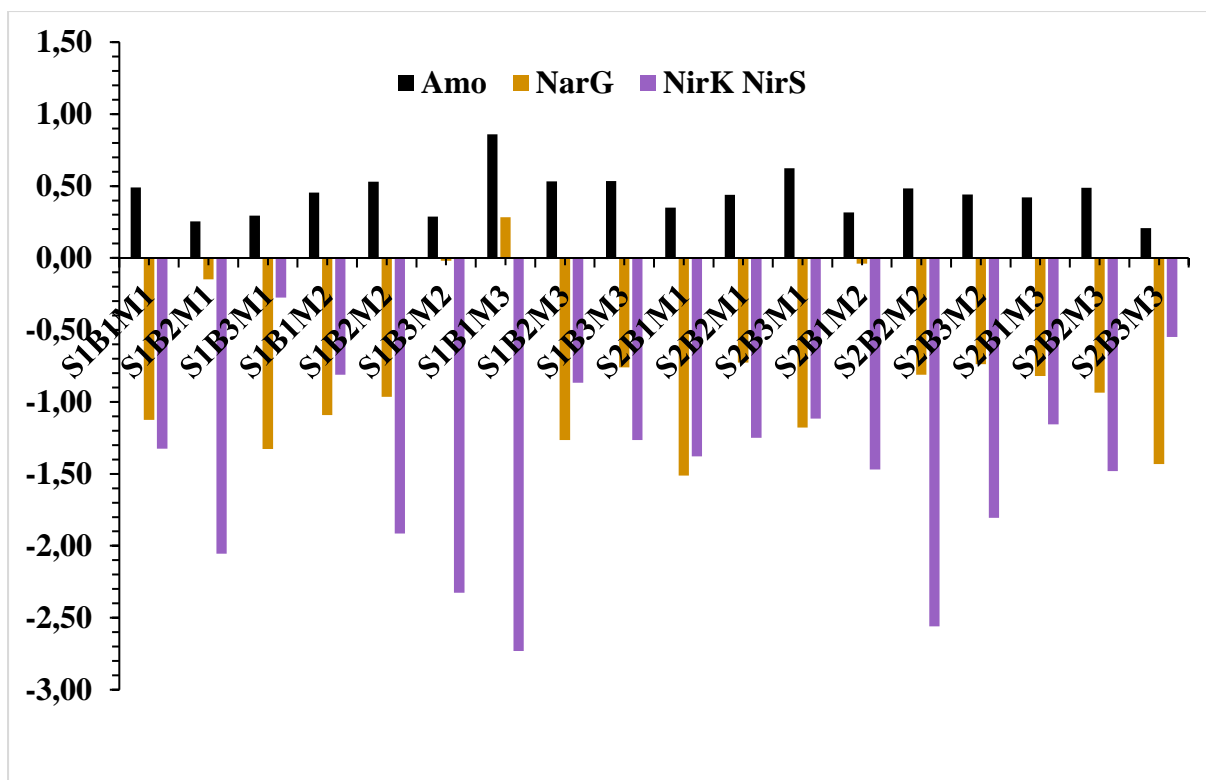
Figur 2. Inverkan av ympning med två olika mykorrhizapreparat på det totala innehållet av anthocyaniner i bären (mg/g friskvikt) för Duke och Reka under vecka 30 i 2016. -Myk: oympad kontroll, Myk1 och Myk2: kommersiella mykorrhizapreparat (M1, M2).

PCA-analysen av PLFA profilerna visade att 41,2 % av den totala variationen kunde förklaras med den första principalkomponenten (PC1) och 17,8 % med den andra (PC2) (*Figur 3*). PCA-analys på dessa prover visar förändringar i mikrobiella samhällen beroende på blåbärssort, mykorrhizabehandling och block (*Figur 1*). Detta kunde indikeras både i PC1 och i PC2. PLFA profiler med blåbärssort nr 1 (Duke) visade skillnad i profilerna i jämförelse med sort 2 (Reka). För sort 1 visade PLFA-analyserna också skillnad i profilerna i alla mykorrhizabehandlingar. Denna skillnad fanns inte för sort 2. Det fanns även skillnader i PLFA profilerna mellan blocken. Prover analyserade från block 1 och 2 med blåbärssort nr 1 skilde sig från block 3 med samma sort och från sort nr 2 (*Figur 3*).



Figur 3. Principalkomponentanalys (PCA) av fosfolipid fettsyra (PLFA) profiler av mikrofloran på ekologisk odlade blåbärsrötter med olika mykorrhizabehandlingar: oympad (M1), isolat 1 (M2) och isolat 2 (M3). Två sorter: S1 = Duke och S2 = Reka användes. Försöket utfördes i tre block, B1= Block 1, B2= Block 2 och B3= Block 3.

Resultat från qPCR analyser gav en bild av populationsstorleken av bakterier involverade i kvävecykeln i korrelation till mykorrhizabehandling och sort. Antal kopior av de olika generna räknas och lägst värde indikerar högsta mängd bakterier (Figur 4). Alla gener testade i denna studie visade en tydlig och varierande respons på de undersökta faktorerna. Mängd ammonium monooxygenase (amoA), räknat som antal kopior av dessa gener, var högre än de andra generna i alla behandlingarna (Figur 4). Antal kopior för nitritreduktion (nirK och nirS) gener var lägst hos blåbärssort 1 (Duke) och mykorrhizaisolat 1 och 2. Antal kopior för dessa gener var också lägst i sort 2 (Reka) och mykorrhizaisolat 1 (Figur 4). Blocken i försöket hade också en effekt på dessa gener framförallt för sort 1. Antal kopior för nitrat reduktion (narG) var lägre än för amoA men högre än för nirK och nirS.



Figur 4. Antal kopior av funktionella gener och mängd bakterier involverade i kvävecykel per g substrat från ekologisk odlade blåbär efter behandling med mykorrhiza: oympad (M1), isolat 1 (M2) och isolat 2 (M3). Två sorter: S1 = Duke och S2 = Reka användes. Försöket utfördes i tre block, B1= Block 1, B2= Block 2 och B3= Block 3. amoA= gener för ammonia monooxygenase, narG= gener för nitrat reduktion och nirK och nirS= gener för nitrit reduktion.

Diskussion och slutsatser (delförsök 2)

Under de två åren då försöket gav tydliga resultat (2014, 2016) var det Reka som gav den högsta skörden. Både 2014 och 2016 hade ympningen med det ena mykorrhizapreparatet (M2) en negativ inverkan på skörden för Reka, medan skörden inte påverkades signifikant för Duke. Med bara tre plantor per ruta var dock variationen stor mellan rutorna, något som gör det svårare att dra säkra slutsatser. Även i andra försök med trädgårdsblåbär har man dock sett att effekten av ympning med ericoida mykorrhizasvampar skiljer sig mellan olika blåbärssorter (Scagel 2005).

Duke innehöll en något högre mängd antioxidanter per kg färskvikt jämfört med Reka. I en jämförelse av 14 sorter av trädgårdsblåbär såg Wang m.fl. (2017) att både den fytokemiska profilen och den totala antioxidant-aktiviteten skilde sig mellan sorter. I den studien låg sorten Duke relativt lågt i innehåll av både fenoliska ämnen och flavonoider. Sorten Reka var dock inte med i undersökningen. Ympningen med mykorrhizapreparat påverkade inte bärens innehåll av antocyaniner signifikant i vårt försök.

Koncentrationerna av kväve, fosfor, svavel samt mikronäringsämnen (förutom mangan) i de yngsta, fullt utvecklade bladen var låga vid försökets avslutning i oktober 2016. Efter totalt sex år ligger pH kring 4,5. Ökning av pH till en för hög nivå för blåbär har alltså inte varit något problem i denna del av försöket.

Resultaten av PLFA- och qPCR-analyserna visar på att förändring i mikrobiell sammansättning samt funktion av bakterier involverade i kvävecykeln beror på mykorrhizabehandling, sortval samt block.

Mykorrhiza isolat 1 och 2 påverkade den mikrobiella sammansättningen i systemet i samspel med blåbärs sort 1 och 2. Effekt av sortval var också tydlig när det gäller sammansättning av mikrobiella samhällen. Sortval och mykorrhizaisolat påverkade också funktionen av gener relaterade till nitrat- och nitritreduktion, dvs bakterier som involverade i slutet på nitrifikations processen. Denna effekt kunde inte ses i tidig fas i processen då amoA gener är involverade.

Resultatförmedling

Resultat från projektet har förmedlats under åren (2014 – 2016) via: presentationer på möten, kurser och konferens, och i skrift som faktablad och vetenskaplig artikel. Förutom detta är flera av projektdeltagarna involverade i undervisning på SLU, Alnarp för trädgårdsstudenter där exempel från detta projekt tagits upp.

- Presentationer av projektet vid de årliga sk. Hook-kurserna för bär odlare den 3 dec 2014, 24 nov 2015 och 30 nov 2016
- Presentation av projektet vid en rådgivardag på Rånna den 27 augusti 2014
- Faktablad: Svensson Birgitta, Caspersen Siri och Asp Håkan (2017). Ekologisk odling av trädgårdsblåbär, erfarenhet från försöksodling på Rånna försöksstation. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet. LTV-fakultetens faktablad; 2017:12
- Caspersen S, Svensson B, Khalil S & Asp H 2016. Ericoid mycorrhizal inoculation of organically grown highbush blueberries. Abstr. XI International Vaccinium Symposium, 10-14 April 2016, Orlando, Florida, USA.
- Caspersen S, Svensson B, Håkansson T, Winter C, Khalil S, Asp H 2016. Blueberry plant – soil interactions in an organic perspective. *Scientia Horticulturae* 208, 78-91.
- Lundström Anna 2017. Effects of different mycorrhizas on the quality of Northern highbush blueberries. Master arbete i trädgårdsvetenskap, SLU

Referenser

Caspersen S, Håkansson T, Winter C 2013. Trädgårdsblåbär – växtnäringsbehov och gödsling. Fakulteten för Landskap, Trädgård, Jordbruk Rapportserie 2013:10. SLU-Alnarp.

Frostegård Å., Bååth E. 1996. The use of phospholipid fatty acid analysis to estimate bacterial and fungal biomass in soil. *Biology and Fertility of Soils* 22, 59-65.

Hai et al. 2009. Quantification of Key Genes Steering the Microbial Nitrogen Cycle in the Rhizosphere of Sorghum Cultivars in Tropical Agroecosystems. *Applied and Environmental Microbiology* 75: 4993–5000.

Khalil S., Alsanusi BW. 2012. Dynamics of the indigenous microflora inhabiting the root zone and the nutrient solution of tomato in a commercial closed greenhouse system. *Gartenbauwissenschaft* 66, 188–198.

Scagel CG 2005. Inoculation with ericoid mycorrhizal fungi alters fertilizer use of highland highbush blueberry cultivars. *HortScience* 40, 786-794.

Wang H, Guo X, Hua X, Li T, Fu X, Liu RH 2017. Comparison of phytochemical profiles, antioxidant and cellular antioxidant activities of different varieties of blueberry (*Vaccinium* spp.) *Food chemistry* 217, 773-781.